

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-328646

(43)Date of publication of application : 30.11.1999

(51)Int.CI.

G11B 5/66

(21)Application number : 11-074341

(71)Applicant : ASAHI KOMAGU KK

(22)Date of filing : 18.03.1999

(72)Inventor : SUEKANE MICHINOBU
IMAGAWA MAKOTO
HIRUMA TAKEHIKO

(30)Priority

Priority number : 10 72673 Priority date : 20.03.1998 Priority country : JP

(54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To greatly reduce medium noises by forming a magnetic recording film on a non-magnetic substrate via an undercoat layer which comprises a plurality of magnetic layers and intermediate layers between the magnetic layers, and forming the intermediate layer of a material having a B2 crystal structure or Ru.

SOLUTION: As a material for an intermediate layer having a B2 crystal structure, one selected from a group of NiAl, NiAlRu, NiAlNd, NiAlCr, NiAlPt and NiAlPd is used. The intermediate layer formed of Ru is particularly preferably constructed in a hexagonal close-packed structure. As a magnetic layer, particularly, a CoCrPt alloy or CoCrTaPt alloy can be selected. For instance, when a magnetic recording film is constituted of a Co alloy magnetic layer/a B2 structure NiAlRu intermediate layer/a Co alloy magnetic layer and the Bu structure NiAlRu intermediate layer has a film thickness selected appropriately in a range of 3-30 Å, especially, 3-20 Å, an S/Nt is improved remarkably.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-328646

(43) 公開日 平成11年(1999)11月30日

(51) Int. Cl. 6

G11B 5/66

識別記号

F I

G11B 5/66

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-74341

(22) 出願日 平成11年(1999) 3月18日

(31) 優先権主張番号 特願平10-72673

(32) 優先日 平10(1998) 3月20日

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 593144666

旭コマグ株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72) 発明者 末包 通信

山形県米沢市八幡原4丁目2837番地9 旭

コマグ株式会社米沢工場内

(72) 発明者 今川 誠

山形県米沢市八幡原4丁目2837番地9 旭

コマグ株式会社米沢工場内

(72) 発明者 蛭間 武彦

山形県米沢市八幡原4丁目2837番地9 旭

コマグ株式会社米沢工場内

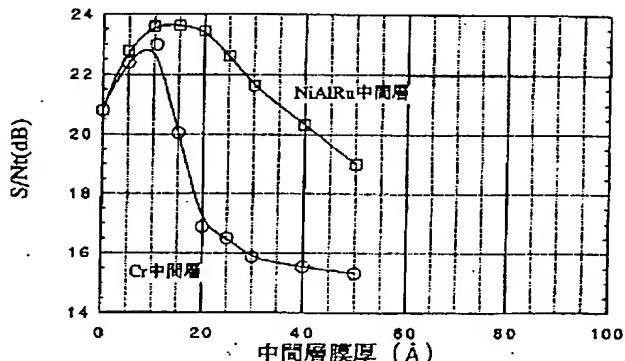
(74) 代理人 弁理士 角田 衛

(54) 【発明の名称】磁気記録媒体

(57) 【要約】

【課題】媒体ノイズが大幅に低減された高密度磁気記録媒体を得る。

【解決手段】非磁性基板上に下地層を介して形成されている磁気記録膜を有する磁気記録媒体であって、前記磁気記録膜が複数の磁性層とそれら各磁性層間に形成されている中間層とからなり、前記中間層は結晶構造がB2構造を有する材料からなる中間層またはRuからなる中間層であることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】非磁性基板上に下地層を介して形成されている磁気記録膜を有する磁気記録媒体であって、前記磁気記録膜が複数の磁性層とそれら各磁性層間に形成されている中間層とからなり、前記中間層は結晶構造がB2構造を有する材料からなる中間層またはRuからなる中間層であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】前記B2構造を有する中間層の材料がNiAl、NiAlRu、NiAlNd、NiAlCr、NiAlPtおよびNiAlPdからなる群から選ばれた1種である請求項1に記載の磁気記録媒体。

【請求項3】前記中間層の膜厚が3～30Åである請求項1または2に記載の磁気記録媒体。

【請求項4】前記中間層の膜厚が3～20Åである請求項1または2に記載の磁気記録媒体。

【請求項5】前記下地層がCrまたはCr合金からなる請求項1、2、3または4に記載の磁気記録媒体。

【請求項6】前記非磁性基板上に結晶構造がB2構造を有する材料からなるシード層が設けられ、その上に前記下地層を介して前記磁気記録膜が形成されている請求項1、2、3、4または5に記載の磁気記録媒体。

【請求項7】前記B2構造を有するシード層の材料がNiAl、NiAlRu、NiAlNd、NiAlCr、NiAlPtおよびNiAlPdからなる群から選ばれた1種である請求項6に記載の磁気記録媒体。

【請求項8】前記磁性層がCo系合金からなる請求項1、2、3、4、5、6または7に記載の磁気記録媒体。

【請求項9】前記Co系合金がCoCrPt合金またはCoCrTaPt合金である請求項8に記載の磁気記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はハードディスク装置の記録媒体として好適な磁気記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気記録媒体は高記録密度化がなされており、そのために低ノイズの媒体が要求されている。従来、媒体ノイズを低減する方法の一つとして、磁気記録膜を複数の磁性層と各磁性層間の磁気的結合を弱めるために各磁性層間に中間層を設けて多層構造することが、特開昭63-146219やIEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, 26(5), 2700(1990)に開示されている。また、高記録密度化のために高保磁力を得る手段として下地層としてB2構造を有するNiAlを用いることが、IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, 30(6), 3951(1994)、ヨーロッパ公開特許第704839号公報に報告されている。

10

【0003】上記多層構造の磁気記録膜をもつ磁気記録媒体に用いる中間層として、前記特開昭63-146219においてAl₂O₃、SiO₂またはCr膜が検討され低ノイズ化は図られているが、今後GMRヘッドを使用した場合のノイズ低減としては不充分である。また、前記ヨーロッパ公開特許第704839号公報では下地層としてNiAlが検討されているが、磁気記録膜を複数の磁性層と各磁性層間に配置された磁気的結合を弱めるための中間層とからなる多層構造とすることの検討はなされていない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、媒体ノイズが大幅に低減された高密度の記録再生が可能な磁気記録媒体を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は前述の課題を解決すべくなされたものであり、非磁性基板上に下地層を介して形成されている磁気記録膜を有する磁気記録媒体であって、前記磁気記録膜が複数の磁性層とそれら各磁性層間に形成されている中間層とからなり、前記中間層は結晶構造がB2構造を有する材料からなる中間層またはRuからなる中間層であることを特徴とする磁気記録媒体を提供する。

【0006】本発明における磁気記録膜は、2層の磁性層とその間に結晶構造がB2構造を有する材料からなる中間層を形成してなる構成や、3層以上の磁性層とそれらの各磁性層の間にB2構造を有する材料からなる中間層を形成してなる構成をとることができる。

【0007】上記B2構造を有する中間層の材料としては、NiAl、NiAlRu、NiAlNd、NiAlCr、NiAlPtおよびNiAlPdから選ばれた1種を用いることができる。

【0008】また、本発明における磁気記録膜は、2層の磁性層とその間にRuからなる中間層を形成してなる構成や、3層以上の磁性層とそれらの各磁性層の間にRuからなる中間層を形成してなる構成をとることができる。このRuからなる中間層は、六方最密構造のものが特に好ましい。

【0009】上記B2構造を有する材料からなる中間層またはRuからなる中間層の膜厚は3Å以上、さらには5Å以上が好ましく、50Å以下、さらには30Å以下が好ましい。中間層の膜厚が薄すぎる場合はノイズ低減の効果が充分でない。中間層の膜厚が厚すぎる場合はノイズ低減の効果は認め難く、また、保磁力の著しい低下や磁気記録媒体として必要な分解能、PW50(孤立再生波半幅)といった特性が悪くなる。これらの点から中間層の膜厚は3～30Å、特に3～20Åが好ましい。なお、上記中間層を3層以上の磁性層のそれぞれの間に形成する場合には、各中間層の膜厚は3～30Å、特に3～20Åが好ましい。

30

40

40

50

【0010】本発明における非磁性基板は、アルミニウム合金やガラス、結晶化ガラスなどの材料からなる基板から選ぶことができる。本発明における下地層としてCrまたはCr合金を採用することができる。Cr合金としては、CrMo、CrW、CrTi、CrVまたはCrMnなどを用いることができる。

【0011】また、本発明において前記ガラスまたは結晶化ガラスなどの材料からなる非磁性基板を用いる場合には、該基板上に結晶構造がB2構造を有する材料からなるシード層を設け、その上に前記下地層を介して前記磁気記録膜を設けた構成をとることが特に好ましい。

【0012】上記シード層として用いられるB2構造を有する材料として、NiAl、NiAlRu、NiAlNd、NiAlCr、NiAlPtまたはNiAlPdを用いることができる。

【0013】前記ガラスまたは結晶化ガラスなどの材料からなる非磁性基板上に上記シード層を設けることにより、その上のCrまたはCr合金下地層の粒成長と膜生成が適切に制御され、それにより該下地層の上に形成される磁気記録膜の粒成長と膜生成が適切に制御される。

【0014】本発明における磁気記録膜を構成する磁性層は、Co系合金からなることが好ましい。例えば、本発明における磁性層は、Coを主成分とし、これに少なくともCrとPtとを含むCo系合金からなる磁性層を選ぶことができる。また、さらにTa、Mo、W、Nb、V、Zr、BおよびTiからなる群から選ばれた少なくとも1種を含むCo系合金からなる磁性層を選ぶことができる。特に、該磁性層としては、CoCrPt合金またはCoCrTaPt合金からなる磁性層を選ぶことができる。

【0015】上記した磁気記録膜の上にさらに保護膜、潤滑膜をこの順に設けることにより、本発明の磁気記録媒体を得ることができる。保護膜としては、例えば炭素系の材料、潤滑膜としては例えばパーフルオロポリエーテル系の潤滑剤を用いることができる。

【0016】

【実施例】【例1（実施例）および例2（比較例）】スパッタリング室内を到達真空度 1×10^{-6} Torrまで排気した後、5mTorrのAr雰囲気かつ基板温度20°Cで基板バイアスを-200V印加し、下記のように成膜を行った。

【0017】テクスチャ処理の施されたNiP/AI基板上に、Cr_{0.5}Mo_{0.5}（各成分量は原子%）からなるターゲットを用いマグネットロンスパッタリング法によりCrMo層（厚さ：300Å）を形成し下地層とした。

【0018】次に同上のマグネットロンスパッタリング法により、前記CrMo層上にCo_{0.7}Cr_{0.3}Ta_{0.5}Pt_{0.5}（各成分量は原子%）からなる第一磁性層を110Åの厚さで形成し、次いで、その上にNi_{0.5}Al_{0.5}Ru_{0.5}（各成分量は原子%）ターゲットを用い、NiAlRu

10

20

30

40

50

中間層を厚さ5～70Åの範囲で形成した。さらにその上に同様な操作によりCo_{0.7}Cr_{0.3}Ta_{0.5}Pt_{0.5}からなる第二磁性層を110Åの厚さで形成した後、その上に炭素系保護膜、潤滑膜をこの順で設けて本発明の磁気記録媒体の例1の試料とした。X線回折法により上記NiAlRu中間層はB2構造であることを同定した。

【0019】また、中間層としてCrからなる中間層を厚さ5～70Åの範囲で形成した他は例1の試料と同じ構成をもつ磁気記録媒体を同様な方法で作製し例2の試料とした。

【0020】図1に例1のNiAlRu中間層の膜厚および例2のCr中間層の膜厚を0～50Åの範囲で変化させたときのトータルノイズに対する信号出力の比（S/Nt）の変化を示す。NiAlRu中間層の場合には膜厚が0から増すと30Åまでの範囲において、S/Ntが改善されることがわかる。またCr中間層の場合と比較してもS/Ntが改善されることがわかる。

【0021】図2に例1のNiAlRu中間層の膜厚および例2のCr中間層の膜厚を0～70Åの範囲で変化させたときの保磁力（Hc）の変化を示す。NiAlRu中間層の場合にはCr中間層に比べ保磁力（Hc）の低下は小さいことがわかる。

【0022】上記したように、磁気記録膜をCo系合金磁性層/B2構造NiAlRu中間層/Co系合金磁性層の構成とし、かつ該B2構造NiAlRu中間層の膜厚を3～30Å、特に3～20Åの範囲で適切に選ぶことにより、S/Ntの顕著な改善が得られ、その値はCr中間層の場合に比較して大きい。この選択により保磁力（Hc）は多少減少するが、その程度は小さく、高記録密度を達成するための支障となるほどではない。Cr中間層の場合にはS/Ntの改善が小さいうえに保磁力（Hc）の減少が著しく大きい。

【0023】S/Ntの改善が顕著であるNiAlRu中間層膜厚15Åでの電磁変換特性を表1に示す。NiAlRu中間層膜厚15Åにおいて、Nmedia（媒体ノイズ）、S/Nt、S/Nm（媒体ノイズに対する信号出力の比）のみでなく、分解能、PW50（孤立再生波半値幅）において、Cr中間層を用いた場合に比べ著しく優れていることが明らかである。

【0024】【例3（実施例）および例4（比較例）】スパッタリング室内を到達真空度 1×10^{-6} Torrまで排気した後、5mTorrのAr雰囲気かつ基板温度270°Cで基板バイアスを印加せず、下記のように成膜を行った。

【0025】アルミニシリケートガラスからなる非磁性基板上に、まずB2構造を有するNi_{0.5}Al_{0.5}（各成分量は原子%）からなるターゲットを用いマグネットロンスパッタリング法によりNiAlシード層（厚さ：500Å）を形成し、次いで下地層としてCr層（厚さ：300Å）を形成した。

【0026】次に同上のマグネットロンスパッタリング法により、前記Cr層上にCo₇₁Cr₁₇Ta₁Pt₁（各成分量は原子%）からなる第一磁性層を110Åの厚さで形成し、次いで、その上にRuターゲットを用い、Ru中間層を膜厚5～50Åの範囲で形成した。さらにその上に同様な操作によりCo₇₁Cr₁₇Ta₁Pt₁からなる第二磁性層を110Åの厚さで形成した後、その上に炭素系保護膜、潤滑膜をこの順で設けて本発明の磁気記録媒体の例3の試料とした。X線回折法により上記NiAlシード層はNi₅₀Al₅₀の組成をもつB2構造のNiAlであること、上記Ru中間層は六方最密構造であることを同定した。

【0027】また、中間層としてCrからなる中間層を膜厚5～50Åの範囲で形成した他は例3の試料と同じ構成をもつ磁気記録媒体を同様な方法で作製し、例4の試料とした。

【0028】図3に例3のRu中間層の膜厚および例4のCr中間層の膜厚を0～50Åの範囲で変化させたときのトータルノイズに対する信号出力の比（S/Nt）の変化を示す。Ru中間層を用いた場合に膜厚が0から増すと30Åまでの範囲において、S/Ntが改善されることがわかる。またCr中間層を用いた場合と比較してもS/Ntが改善されることがわかる。

【0029】図4に例3のRu中間層の膜厚および例4のCr中間層の膜厚を0～50Åの範囲で変化させたときの保磁力（Hc）の変化を示す。Ru中間層の場合にはCr中間層に比べ保磁力の低下は小さいことがわかる。

【0030】上記したように磁気記録膜をCo系合金磁性層/Ru中間層/Co系合金磁性層の構成とし、かつ該Ru中間層の膜厚を3～30Å、特に3～20Åの範囲で適切に選ぶことにより、S/Ntの著しい改善が得られ、その値はCr中間層の場合に比較して大きい。この選択により保磁力（Hc）は多少減少するが、その程度は小さく、高記録密度を達成するための支障となるほどではない。Cr中間層の場合にはS/Ntの改善が小さいうえに、保磁力（Hc）の減少が著しく大きい。

【0031】S/Ntの改善が顕著であるRu中間層膜厚10Åでの電磁変換特性を表1に示す。Ru中間層膜厚10ÅにおいてNmedia（媒体ノイズ）、S/Nt、S/Nm（媒体ノイズに対する信号出力の比）のみでなく、分解能、PW50（孤立再生波半値幅）において、Cr中間膜を用いた場合に比べ著しく優れていることが明らかである。

【0032】【例5（実施例）および例6（比較例）】スパッタリング室内を到達真空度1×10⁻⁸Torrま

で排気した後、5mTorrのAr雰囲気かつ基板温度270℃で基板バイアスを印加せず、下記のように成膜を行った。

【0033】アルミノシリケートガラスからなる非磁性基板上に、まずB2構造を有するNi₅₀Al₅₀（各成分量は原子%）からなるターゲットを用いマグネットロンスパッタリング法によりNiAlシード層（厚さ：500Å）を形成し、次いで下地層としてCr₈₅Mo₁₅層（各成分量は原子%）（厚さ：100Å）を形成した。

【0034】次に同上のマグネットロンスパッタリング法により、前記CrMo層上にCo₆₈Cr₂₀Ta₂Pt₁₀（各成分量は原子%）からなる第一磁性層を110Åの厚さで形成し、次いで、その上にRuターゲットを用い、Ru中間層を膜厚10Å（例3においてS/Ntの最大値が得られたRu中間層膜厚）で形成した。さらにその上に同様な操作によりCo₆₈Cr₂₀Ta₂Pt₁₀からなる第二磁性層を110Åの厚さで形成した後、その上に炭素系保護膜、潤滑膜をこの順で設けて本発明の磁気記録媒体の例5の試料とした。X線回折法により上記NiAlシード層はNi₅₀Al₅₀の組成をもつB2構造のNiAlであること、上記Ru中間層は六方最密構造であることを同定した。

【0035】また、下地層上の磁気記録膜としてCo₆₈Cr₂₀Ta₂Pt₁₀からなる磁性層1層からなる磁気記録膜（単層膜）を膜厚220Åで形成した他は例5の試料と基板、シード層、下地層の構成を同じくする磁気記録媒体を同様な方法で作製し、例6の試料とした。

【0036】シード層としてB2構造をもつNiAlを用いた場合、磁気記録膜をCo系合金磁性層/Ru中間層/Co系合金磁性層の膜構成とし、かつ該Ru中間層の膜厚を3～30Å、特に3～20Åの範囲で適切に選ぶことにより、S/Ntの著しい改善が得られる。この選択により保磁力（Hc）は多少減少するが、その程度は小さく、高記録密度を達成するための支障となるほどではない。

【0037】S/Ntの改善が顕著であるRu中間層膜厚10ÅでのHc（Oe）および電磁変換特性を表1に示す。Ru中間層膜厚10Åにおいて、Nmedia（媒体ノイズ）、S/Nt、S/Nm（媒体ノイズに対する信号出力の比）のみでなく、分解能、PW50（孤立再生波半値幅）において、本発明の複層構成の磁気記録膜をもつ磁気記録媒体は、磁性層1層からなる磁気記録膜（単層膜）を用いた場合に比べ著しく優れていることが明らかである。

【0038】

【表1】

	分解能 (%)	PW50 (nsec)	O/W (-dB)	N _{media} (mV ²)	S/N _t (dB)	S/N _m (dB)	H _c (0e)
例1	74.13	18.41	35.6	2.53	23.6	28.6	
例2	72.46	18.85	36.8	4.17	20.1	26.3	
例3	73.13	24.57	38.5	23.86	17.4	19.3	
例4	70.05	26.10	41.5	24.50	15.8	17.7	
例5	62.10	18.95	37.05	16.72	23.06	26.71	2500
例6	61.20	19.10	35.86	44.90	20.49	22.10	2600

【0039】【例7（実施例）および例8（比較例）】スパッタリング室内を到達真空度 1×10^{-6} Torr まで排気した後、5 mTorr の Ar 霧囲気かつ基板温度 270°Cで基板バイアスを印加せず、下記のように成膜を行った。

【0040】アルミニシリケートガラスからなる非磁性基板上に、まずB2構造を有するNi₅₀Al₅₀（各成分量は原子%）からなるターゲットを用いマグネットロニンスパッタリング法によりNiAlシード層（厚さ：500 Å）を形成し、次いで下地層としてCr層（厚さ：300 Å）を形成した。

【0041】次に同上のマグネットロニンスパッタリング法により、前記Cr層上にCo₇₀C₁₅Ta₅Pt₂（各成分量は原子%）からなる第一磁性層を110 Åの厚さで形成し、次いで、その上にNi₅₀Al₅₀ターゲットを用い、NiAl中間層を膜厚5～108 Åの範囲で形成した。さらにその上に同様な操作によりCo₇₀C₁₅Ta₅Pt₂からなる第二磁性層を110 Åの厚さで形成した後、その上に炭素系保護膜、潤滑膜をこの順で設けて本発明の磁気記録媒体の例7の試料とした。X線回折法により上記NiAlシード層およびNiAl中間層はいずれもNi₅₀Al₅₀の組成をもつB2構造のNiAlであることを同定した。

【0042】また、中間層としてCrからなる中間層を膜厚5～75 Åの範囲で形成した他は例7の試料と同じ構成をもつ磁気記録媒体を同様な方法で作製し、例8の試料とした。

【0043】図5に例7のNiAl中間層の膜厚および例8のCr中間層の膜厚を変化させた場合の媒体の規格化ノイズの変化を示す。横軸は、1インチ当たりの磁化遷移数 $\times 10^3$ (kFCI) である。横軸は、GUVI K社製リードライトテスターとヒューレットパッカード社製スペクトラムアナライザを用いて測定した各周波数における媒体出力のノイズ部分をMr_t（残留磁化・膜

厚積）の違いを消去するために20 kFCIにおける出力のシグナル部分で規格化した値である。

【0044】NiAl中間層を用いた場合に膜厚3～30 Åの範囲、特に3～20 Åの範囲で媒体ノイズが著しく低減していることがわかる。また、Cr中間層を用いた従来技術の場合と比較しても、中間層の膜厚3～30 Åの範囲、特に3～20 Åの範囲で媒体ノイズが著しく低減していることがわかる。

【0045】

【発明の効果】本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板上に下地層を介して形成されている磁気記録膜を有する磁気記録媒体であって、前記磁気記録膜が複数の磁性層とそれら各磁性層間に形成されている中間層とからなり、前記中間層は結晶構造がB2構造を有する材料からなる中間層またはRuからなる中間層である構成とすることにより、ノイズが著しく低減する優れた特徴を有する。

【0046】また、特にガラスまたは結晶化ガラスからなる非磁性基板を用いる場合、該基板上に結晶構造がB2構造を有する材料からなるシード層を設け、その上にCrまたはCr合金からなる下地層を介して上記した複層構成の磁気記録膜を設けることにより、ノイズが著しく低減する優れた特徴を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】例1のNiAlRu中間層および例2のCr中間層の膜厚とS/N_tの関係を示すグラフ。

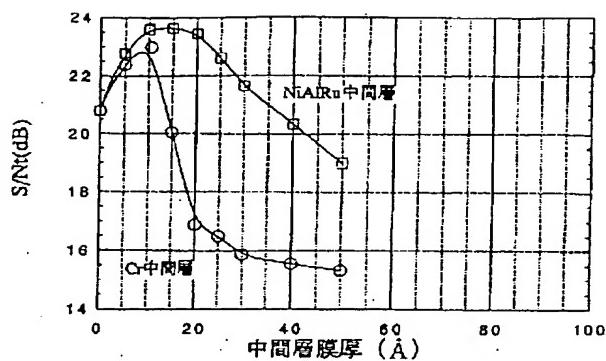
【図2】例1のNiAlRu中間層および例2のCr中間層の膜厚とH_cの関係を示すグラフ。

【図3】例3のRu中間層および例4のCr中間層の膜厚とS/N_tの関係を示すグラフ。

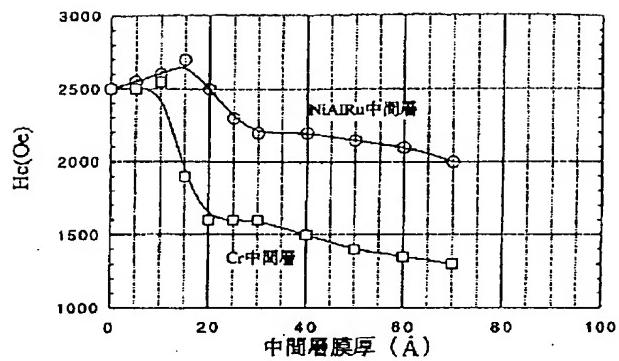
【図4】例3のRu中間層および例4のCr中間層の膜厚とH_cの関係を示すグラフ。

【図5】例7のNiAl中間層および例8のCr中間層の膜厚と媒体の規格化ノイズの関係を示すグラフ。

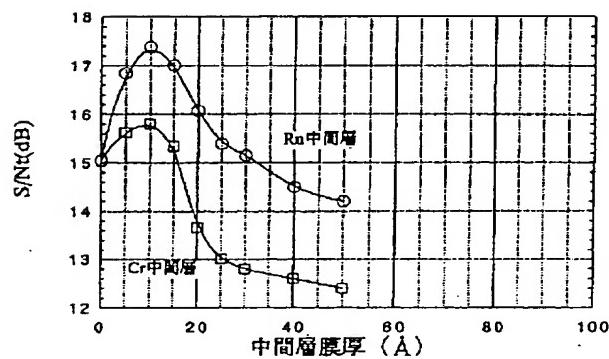
【図 1】



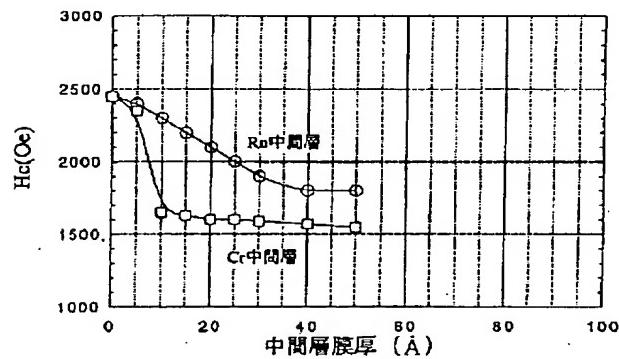
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

